

홍수재해관리를 위한 3차원 GIS적용 3D GIS Application for Managing Flood Disaster

김성삼*, 김원만**, 손덕재***, 유환희****

Kim, Seong Sam · Kim, Won Man · Sohn, Duk Jae · Yoo, Hwan Hee

- * 경상대학교 대학원 도시공학과 박사과정 (055-751-5321: kimss333@netian.com)
- ** 경상대학교 대학원 도시공학과 석사과정 (055-751-5321: ok016@hotmail.com)
- *** 대진대학교 토목공학과 교수 (031-539-2022: djsohn@road.daejin.ac.kr)
- **** 경상대학교 건설공학부 도시공학전공 교수 (055-751-5321: hhyoo@nongae.gsnu.ac.kr)

요 旨

최근의 막대한 인적·재산적 피해를 초래하고 있는 다양한 자연재해로부터 위험정보의 신속한 취득과 분석을 통해 재해 예방에서 복구에 이르기까지 재난관리를 효과적으로 수행할 수 있는 시스템구축이 요구되고 있다. 본 연구에서는 홍수 방재분야에서 보다 현실에 가까운 현황분석을 통한 적극적인 재해 상황 대처와 체계적인 방재관리를 수행하기 위해 수리수문학적 자료와 수치지도, DEM, 고해상 위성영상을 이용하여 데이터베이스를 구축하고 3D GIS를 활용하여 홍수재해를 효과적으로 관리할 수 있는 정보시스템 구축에 대한 방안을 제시하였다.

1. 서론

산업혁명에 의한 산업화가 진전되면서 세계적으로 대기오염으로 인한 지구 온실 효과와 엘니뇨 등의 기상현상의 변화로 지역적 폭우의 발생, 가뭄 현상의 장기화, 이상 고온 및 이상 저온 현상이 빈번히 발생하고 있다. 우리나라의 경우, 거의 매년 자연재해로 인해 6,500억원 이상의 막대한 재산피해를 입고 있으며, 최근 들어 개량·항구 복구 위주의 복구정책이 실시되고 있음에도 불구하고 그 피해규모는 크게 줄고 있지 않는 실정이다(어민선, 2002). 특히, 인구증가와 산업화 현상에 따라 도시로 인구와 대규모 시설이 집중되면서 과거에 비해 같은 규모의 재해가 발생하더라도 그 피해가 급증하고 있다. 행정자치부 산하 국립방재연구소에서는 막대한 손실을 초래하는 자연재해로부터 위험정보의 신속한 입수 및 분석을 통하여 예방에서 재해복구

에 이르기까지 효과적으로 재해관리를 수행하기 위하여 다양한 연구를 수행하여 오고 있다(행정자치 국립방재연구소, 2000; 2003).

본 연구에서는 우리나라에서 발생하고 있는 자연재해 중 홍수재해 현황과 국가나 지자체의 방재체계현황을 조사하고 시범지역의 입체적인 공간분석을 위한 3차원 데이터베이스 구축과 3D GIS를 통한 홍수재해관리시스템을 구축함으로써 홍수재해 발생시 GIS를 활용하여 효과적으로 대응할 수 있는 방안을 제시하고자 한다.

2. GIS를 이용한 방재체계 현황분석

재해가 일단 발생하면 그 유형이나 규모에 관계없이 크고 작은 인명·재산상의 피해를 유발하므로 재해 발생시 신속한 대응체계를 지원하고 인명과 재산을 위협하는 요소에 대한 예방, 대비 및 대응, 그리고 신속한 복구, 사후 분석 및 평가 등을 위하

등의 정보제공시스템, 의사결정시스템, 재해정보관리시스템 등으로 구성된다.

3. 위험도 평가 및 홍수위험지도 제작

3.1 대피위험도 평가

대규모 태풍이나 홍수, 지진과 같은 재해 발생시 주민들의 안전 확보를 위한 대피 및 구조·구난 활동의 쉽고 어려운 정도를 나타내는 대피위험도는 그 지역의 인구와 도로조건, 주변의 물리적 환경에 좌우된다. 대피인구는 지역의 토지이용과 밀접한 관련이 있으며, 도로 조건은 도로의 폭원, 교통량과 통행량, 고정된 혹은 이동이 가능한 장애물에 의해 결정된다. 또한 도로 주변의 환경은 토지이용계획과 건축물의 용도, 재료, 구조, 규모, 밀도 등과 같은 개별형태에 의존한다.

위험도를 측정하기 위해서는 첫째 도로 환경을 파악하고, 둘째 재난의 영향으로 도로 환경이 어떻게 변화될 것인가를 예측하고, 셋째 얼마나 많은 사람들이 대피할 것인가를 추정해야 한다.

대피 위험도는 도로와 도로 주변의 개발 현황을 고려하여 판단하게 되므로, 대피와 구난 활동을 원활하게 하기 위한 도시계획과 정비의 지침으로 이용될 수 있음은 물론, 지역별 위험도 비교를 통하여 투자의 우선순위를 결정하는 기준자료로도 사용할 수 있다. 방재계획을 수립하는 과정에서 위험도를 평가하기 위하여 도로 등급별 분류와 면적 조사, 사용도로에 따른 건물 분류, 도로 차폐 면적, 도로 장애물, 대피인구 조사 등이 수행되어야 한다(김현주, 2002).

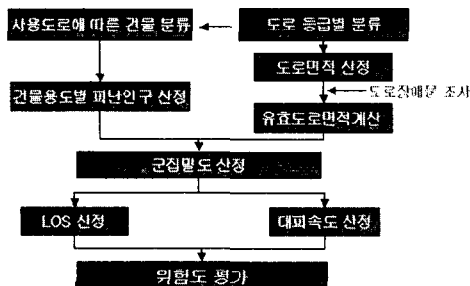


그림 5. 대피위험도 평가 절차

3.2 홍수재해지도(Flood Hazard Map) 제작

홍수재해지도는 홍수피해를 최소한으로 막기 위해, 평소에는 홍수에 대한 위험을 주민에게 알리고 방재대책을 수립하며 실제 상황발생시에는 피난활동에도 활용할 수 있도록 침수관련 정보, 피난관련 정보 등을 알기 쉽게 지도상에 표시한 것이다. 재해대상에 따라 홍수재해, 지진재해, 화산재해, 해일재해 등으로 각각의 목적에 따라 여러 기관에서 작성되고 있다.

홍수재해지도를 작성할 때 가장 기본이 되는 자료는 침수흔적도로서, 침수된 지역을 지도상에 표시한 수해흔적 조사의 결과물이다. 또한, 홍수위험도(flood risk map)는 침수가능지역을 도시한 것으로 수리·수문학적 분석에 의해 홍수 규모별 혹은 제방 파괴시 침수가능 지역을 도시한 것이다. 홍수재해지도는 크게 수치지도 레이어 추출, 추출된 레이어와 지번도 중첩 및 편집, 수집된 자료의 DB화, 하수관망 정보 입력, 속성자료 입력 등의 과정으로 제작된다. 수치지도의 표고 데이터를 이용하여 3차원 지형분석과 주요 시설에 대한 DB를 구축하고 지번도의 필지별 면적자료를 이용하여 조건에 의한 조건검색에 의한 홍수 피해면적을 산출할 수 있다.(행정자치부 국립방재연구소, 1999)

4. 3D GIS를 이용한 홍수재해관리시스템 구축

4.1 데이터베이스 구축

본 연구의 대상지역은 강우 150-200mm의 집중호우 시 상습적으로 침수피해가 발생했던 진주시 나불천 유역으로 총 유역면적이 979.86ha, 이 중 표고 23-150m정도의 완만한 평지형태인 도시지역의 면적은 332.25ha, 임야는 617.61ha를 차지하고 있다. 도심지 내에서의 표고차는 10m, 경사도는 대부분 5°이하로 대체적으로 완만한 지형이다. 일부 공원, 학교운동장을 제외하고는 대부분 도로가 포장된 불투수지역이며, 배수관거는 합류식 형태로서 그 중 우수관망은 유역상단부에서 $\phi 300\text{mm}$ 원형관으로 시작되어

하류부에 $\phi 900\text{mm}$ 원형 배수관거로 이루어져 있다. 진주시의 경우 1997년 이후 년 강수량은 1,444.8mm, 1998년 1,922.6mm, 1999년 2,045.0mm로서 매년 강수량이 증가하고 있으며, 1990년 이후 1일 최대 강우량과 연속최대강우량이 점차 증가하고 있는 추세이다. 특히 나불천 유역의 경우 하는 지역으로서 주거지역이 주를 이루고 있다(유환희 등, 2002).

본 연구에서는 기본도(basemap) 구축을 위하여 수리수문 자료와 대상지역 수치지도(1/1,000, 1/5,000), 하수관망도, 토지이용도, 고해상 위성영상을 기본자료로 활용하였으며, 문헌조사와 현장조사를 통해 얻은 자료를 바탕으로 속성자료를 구축하였다. 하수관망도 등의 수리수문학적인 자료와 DEM 자료를 바탕으로 ILLUDAS모형을 사용하여 50년 빈도와 100년 빈도 강우발생시 침수가능지역을 예측하였다. 보다 현실감있는 정보 전달과 홍수시 침수지역에 대한 입체적인 공간분석을 수행하기 위하여 본 연구에서는 ESRI사의 ArcView와 3차원 GIS 개발 도구인 한국정보통신기술의 IntraMap3D를 활용하여 대상지역에 대한 3차원 GIS 기반의 자연재해관리시스템을 구축하였다.

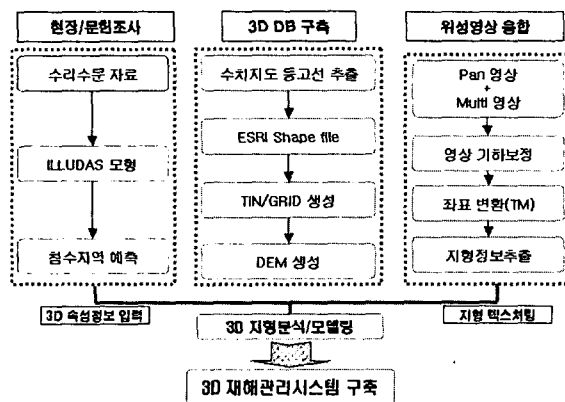


그림 7. 연구 흐름도

그림 8은 연구대상지역인 진주시 나불천 유역주변에 대한 2차원 지형 레이어에 고해상위성영상을 중첩한 그림을 보여주고 있다. 연구대상지인 나불천 유역주변의 DEM 레이어에 고해상 위성영상을 중첩하

여 3차원 모형을 구축하고(그림 9), 여기에 50년 빈도와 100년 빈도의 강우발생시 예상되는 침수지역과 건물 레이어를 중첩하여 분석을 수행하였다.



그림 8. 위성영상의 중첩

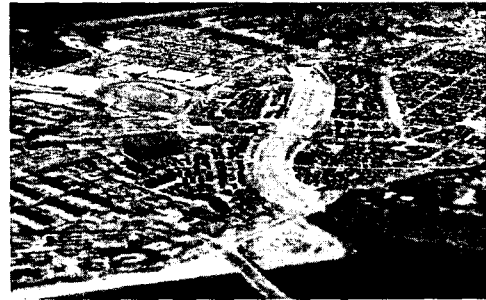


그림 9. 연구대상지 3차원 모형 구축

4.2 ILLUDAS 모형의 적용

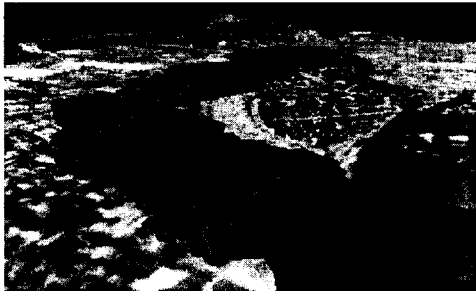
본 연구에서는 도시유출모형 중 비교적 정확한 수문 해석이 가능한 ILLUDAS모형을 적용하였다. ILLUDAS모형은 1974년 Stall & Terstriep 에 의해 처음 개발되어 1984년, 1986년 개정된 모형으로 이 모형의 기본개념은 RRL모형의 방법과 같으나 불투수유역 및 투수유역의 유출량을 소유역별로 각각 구한 후 이를 합성하여 수문곡선을 얻으며, 이 수문곡선을 관거를 따라 추적·합성하여 유역 하단부에서의 총 유출수문곡선을 구하게 된다. ILLUDAS 모형은 대상유역의 구분 및 소유역별 입력 자료의 결정, 불투수지역의 유출량 계산, 투수지역의 유출량 계산, 수문곡선의 합성, 관로를 통한 홍수 추적 순으로 계산된다.

4.3 분석 결과 및 홍수위험지도 제작

구축된 3차원재해관리시스템을 통하여

50년 빈도강수발생시 침수지역과 100년 빈도강수발생시 침수지역을 분석한 결과 50년 빈도의 강수발생시 예상되는 총 피해 면적은 262,700㎡, 예상 침수가속 수는 595세대였다. 건물 용도별로는 주거용도의 침수면적이 106,100㎡, 상업용도가 225㎡, 공공용도는 154,625㎡, 기타용도가 1,750㎡이었다. 100년 빈도의 강수발생시 예상되는 총 피해면적은 580,775㎡, 예상 침수가속 수는 1,692세대였으며, 건물 용도별로는 주거용도의 침수면적이 313,285㎡, 상업용도가 29,050㎡, 공공용도는 233,390㎡, 기타 용도가 5,050㎡이었다.

그림 10은 3차원 모형에서 50년 빈도와 100년 빈도의 강수 발생시 침수되는 지역의 현황을 보여주고 있으며, 건물 자료층을 중첩시켜 침수지역의 개략적인 토지이용현황 정보는 물론, 3차원 시뮬레이션(simulation)을 통하여 침수되는 지역을 예상하고 위험지역과 대피시설에 대한 정보를 미리 확인함으로써, 유사시 발생할 수 있는 홍수재해에 효과적으로 대처할 수 있을 것으로 기대된다.



(a) 50년 빈도강우시 침수예상지역



(b) 100년 빈도강우시 침수예상지역

그림 10. 침수예상지역 3차원 시뮬레이션

그림 11은 50년 빈도의 강수발생시 침수지역의 구축된 속성 정보를 검색한 결과를 보여주고 있으며, 그림 12는 홍수시 침수될 가능성이 있는 위험건물을 검색하여 침수예상지역 건물들이 모두 하이라이트된 그림으로 시설물에 대한 속성정보를 검색을 통하여 대피 시설물 등을 검색할 수 있다.

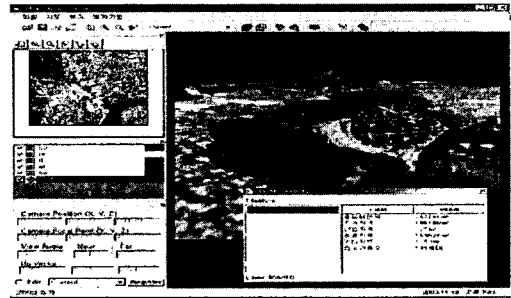


그림 11. 50년 빈도 강수발생시 침수지역 분석

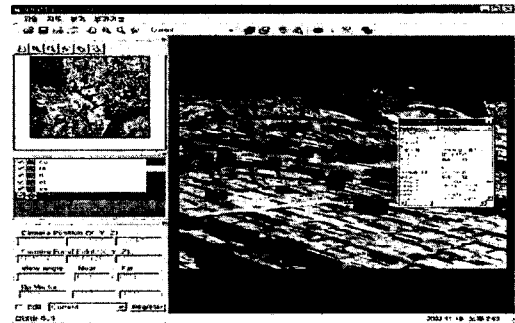


그림 12. 대피 시설물 검색

침수피해위험지도는 피난대상지역, 대피장소, 대피경로 및 위험지점, 수해 시 준수사항 등을 기재하였다. 구체적인 피난경로는 강우량과 범람, 침수예상지역등을 고려하여 위험도 단계별로 표시하였으며, 대피장소는 붉은 색으로 표시되어 출력되도록 하였다.

그림 13(a)와 (b)는 설계강우 50년과 100년을 기준으로 분석했을 시의 침수예상 위험지도를 출력한 모습이다.



(a) 50년 빈도 강우



(b) 100년 빈도 강우

그림 13. 침수예상위험지도

5. 결론

본 논문에서는 3D GIS를 활용하여 홍수 재해로 인한 대상지역의 피해 예측과 실제 피해현황을 보다 현실에 가깝게 표현하고 침수지역 산정이나 피해현황, 대피 시설 검색 등의 입체적인 공간분석을 수행하기 위하여 3차원 공간정보 모델링과 가시화를 통한 3차원 홍수재해관리시스템을 구축하였다. 이를 통하여 재해로 인한 피해지역을 예측하고 위험지역과 대피시설에 대한 정보를 미리 취득함으로써 사전관리뿐 만

아니라, 유사시 발생할 수 있는 홍수재해에 체계적인 대처와 피해를 최소화할 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

1. 김현주(2003), 재난시 대피위험도 산정 기준에 관한 연구, 방재연구논문집, 4권 1호, pp. 113-120.
2. 어민선(2002), 반복수해지역의 산전방재효과 분석(II), 방재연구지 4권 1호, pp. 100-106.
3. 유환희, 이민우, 이성민(2002), 도시 홍수재해관리시스템 구축, 대한토목학회 논문집, 22권 3-D호, pp. 561-569.
4. 행정자치부 국립방재연구소(1999), 홍수재해 원인분석 제도화 및 홍수재해지도 작성지침 개발, pp. 48-82.
5. 행정자치부 국립방재연구소(1999), 지형공간정보체계를 이용한 재해관리방안 연구.
6. 행정자치부 국립방재연구소(2002), 2002 대홍수와 재해원인분석조사단 활동, 방재연구지 제4권 3호, pp. 6-67.
7. 행정자치부 국립방재연구소(2003), GIS를 이용한 재난관리체계구축에 관한 연구, pp. 9-18, 201-256.
8. 행정자치부 국립방재연구소(2003), 태풍 「매미」 피해조사, 방재연구지 제5권 3호, pp. 46-54.
9. <http://ndms.mogaha.go.kr>, 국가안전관리정보시스템 홈페이지